

US 5,990,500

CLIPPEDIMAGE= JP406314822A

PAT-NO: JP406314822A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06314822 A

TITLE: GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND ELECTRODE FORMATION THEREOF

PUBN-DATE: November 8, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAMADA, MOTOKAZU

SENOO, MASAYUKI

NAKAMURA, SHUJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NICHIA CHEM IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05124890

APPL-DATE: April 28, 1993

INT-CL_(IPC): H01L033/00; G02F001/1343 ; H01L021/324

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve efficiency of outside quantum of a light emitting element and to make a gallium nitride compound semiconductor layer side a light emitting observation surface by forming a translucent electrode formed of metal in a surface of a gallium nitride compound semiconductor layer doped with p-type dopant.

CONSTITUTION: A wafer which is formed by laminating a buffer layer formed of GaN, an n-type GaN layer 2 and an Mg doped p-type GaN layer 3 on a sapphire substrate one by one is prepared and the n-type GaN layer 2 is exposed by etching the p-type GaN layer 3. Then, 0.03 μ m-thick Ni is deposited on the p-type GaN layer 3 and 0.07 μ m-thick Au is deposited on the Ni.

Furthermore,

Al is deposited also on the exposed n-type GaN layer 2. After deposition, the wafer is annealed at 500 \deg C for 10 minutes to acquire an alloy of Ni and Au and a translucent property. The wafer is cut to a chip 350 μ m square and is mounted on a cup-shaped lead frame as a light emitting diode.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-314822

(43)公開日 平成6年(1994)11月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00	C	7376-4M		
	E	7376-4M		
G 0 2 F 1/1343		9017-2K		
H 0 1 L 21/324	D	8617-4M		

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平5-124890

(22)出願日 平成5年(1993)4月28日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 山田 元量

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

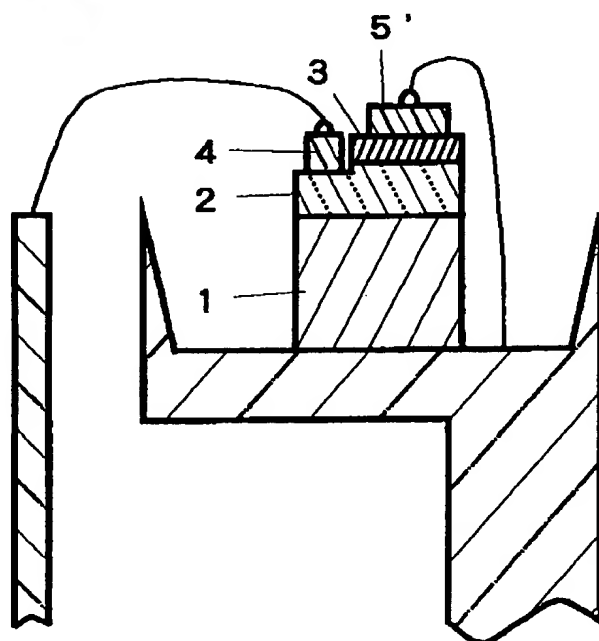
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその電極形成方法

(57)【要約】

【目的】 最上層であるp層に形成する電極を透光性にして、発光素子の外部量子効率を向上させると共に、窒化ガリウム系化合物半導体層側を発光観測面として、上から電極を取り出すことにより、発光素子の生産性を向上させる。

【構成】 p型ドーパントがドーパされた窒化ガリウム系化合物半導体表面に、オーミック接触用の電極として、金属よりなる透光性電極が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型ドーパントがドーパされた窒化ガリウム系化合物半導体表面に、オーミック接触用の電極として、金属よりなる透光性電極が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記透光性電極の膜厚は0.001 μ m～1 μ mの範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記金属はAu、Ni、Pt、In、Cr、Tiより選択された少なくとも一種であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 p型ドーパントがドーパされた窒化ガリウム系化合物半導体に金属を蒸着した後、500℃以上でアニーリングすることにより、前記金属を透光性にすると共に、前記窒化ガリウム系化合物半導体と前記金属とをオーミック接触させることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の電極形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$)で表される窒化ガリウム系化合物半導体を具備する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子と、その発光素子の電極形成方法に係り、特にp型ドーパントがドーパされた窒化ガリウム系化合物半導体表面の電極と、その電極形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近Ga_{0.9}N、Ga_{0.9}Al_{0.1}N、InGa_{0.9}N、In_{0.9}Al_{0.1}GaN等の窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子が注目されている。その窒化ガリウム系化合物半導体は一般にサファイア基板の上に成長される。サファイアのような絶縁性基板を用いた発光素子は、他のGaAs、GaAlP等の半導体基板を用いた発光素子と異なり、基板側から電極を取り出すことが不可能であるため、半導体層に設けられる正、負、一対の電極は同一面側に形成される。特に窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の場合、サファイアが透光性であるため、電極面を下にして、サファイア基板側を発光観測面とすることが多い。

【0003】窒化ガリウム系化合物半導体を発光チップとする従来の一発光素子の構造を図1に示す。サファイア基板1の上にn型窒化ガリウム系化合物半導体層2（以下、n型層2という。）とp型ドーパントがドーパされた窒化ガリウム系化合物半導体層3（以下、p型層3という。）とが順に積層され、さらにp型層3の一部をエッチングして、n型層2を露出させ、n型層2に負電極としてn型電極4、p型層に正電極としてp型電極5を形成した後、電極面を下にしてリードフレーム7にそれぞれの電極がまたがるようにして載置している。なお電極4、5とリードフレーム7とは半田、銀ペースト

等の導電性材料6で電氣的に接続されている。この図に示すように従来の発光素子は、p型電極4をp型層表面のほぼ全面に形成することにより電流を均一に広げることができ、均一な発光が得られる反面、発光がp型電極5で遮られ、外部量子効率が悪くなるため、発光をできるだけ有効に外部に取り出す目的で透光性基板であるサファイア1を発光観測面としている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構造の発光素子は、両リードフレーム7間の間隔を狭くすることが困難であるため、チップサイズが約1mm以上と大きくなるため、一枚あたりのウエハーからとれるチップ数が少なくなるという欠点がある。また、リードフレーム間の非常に細かい位置設定、窒化ガリウム系化合物半導体の精巧なエッチング技術等を必要とするため、歩留が上がりず量産性に乏しいという欠点もある。窒化ガリウム系化合物半導体以外の半導体材料を用いた発光素子のように、基板側を下にしてn型電極、p型電極の両電極を上から取り出すことができれば、チップサイズを小さくできると共に、発光素子の生産性、信頼性を格段に向上させることができる。そのためには、p層3に形成する電極を透光性にして、窒化ガリウム系化合物半導体層内部の発光を遮らないようにする必要がある。

【0005】従って本発明はこのような事情を鑑みなされたもので、その目的とすることは最上層であるp層に形成する電極を透光性にして、発光素子の外部量子効率を向上させると共に、窒化ガリウム系化合物半導体層側を発光観測面として、上から電極を取り出すことにより、発光素子の生産性を向上させることにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p層表面にオーミック接触用の電極として、金属よりなる透光性電極が形成されていることを特徴とする。またその発光素子の電極の形成方法は、p層表面に金属を蒸着した後、500℃以上でアニーリングすることにより、前記金属を透光性にすると共に、前記窒化ガリウム系化合物半導体と前記金属とをオーミック接触させることを特徴とする。

【0007】

本発明の方法において、p層に蒸着する金属には、例えばAu、Ni、Pt、In、Cr、Tiの電極材料を使用することができ、特に好ましいオーミック接触が得られる材料としてCr、Ni、Au、Ti、Ptの内の少なくとも2種類を含む合金を使用することが好ましい。また、金属を蒸着するにあたり、蒸着膜厚は特に問うものではないが、蒸着後500℃以上のアニーリングを行った後、その金属電極の膜厚が0.001 μ m～1 μ mの範囲になるように蒸着することが好ましい。前記アニーリングにより、蒸着された金属はp層内部に拡散すると共に、一部外部に飛散して膜厚が薄くな

る。アニーリング後に最終的な電極膜厚を $0.001\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の範囲に調整することにより、電極を好ましく透光性とすることができる。 $1\mu\text{m}$ 以上で形成しても特に支障はないが、電極が次第に金属色を帯びてくる傾向にあり透光性が悪くなる。電極膜厚は前記範囲内で薄いほど好ましいが、あまり薄くし過ぎると接触抵抗が大きくなる傾向にあるため、 $0.01\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ の範囲がさらに好ましい膜厚である。

【0008】アニーリングは 500°C 以上で行う必要がある。なぜなら、この温度以下であると、金属電極とp層とのオーミック接触が得られにくく、金属電極も透光性になりにくいからである。温度の上限は特に限定しないが、窒化ガリウム系化合物半導体が分解する温度以下(1100°C 前後)で行うことは当然である。

【0009】

【作用】本発明の一実施例により形成された透光性電極を具備する発光素子の構造を図2に示す。p層3の上に透光性電極5'が形成されているため、従来のようにサファイア基板1を発光観測面とせず、窒化ガリウム系化合物半導体層側を発光観測面とすることができる。さらに、窒化ガリウム系化合物半導体以外の発光素子の集光手段として一般に用いられているカップ形状のリードフレームが使用でき、集光性能が格段に向上する。さらに、一つのリードフレーム上に1チップが載置できるため、チップサイズをリードフレームの大きさに合わせて小さくできるという利点を有する。さらにまた、この図に示すように透光性電極5'の上にワイヤーボンディング用の電極を設けることによって、上(発光観測面)側から電極を取り出すことができるため生産性も格段に向上する。

【0010】

【実施例】

【実施例1】サファイア基板上にGaNよりなるバッファ層と、n型Ga_{0.99}N層と、Mgドーパ型Ga_{0.99}N層とを順に積層したウエハーを用意する。次に前記p型Ga_{0.99}N層の上に所定の形状のマスクを形成した後、p型Ga_{0.99}N層をエッチングしてn型Ga_{0.99}N層を露出させる。

【0011】次にp型Ga_{0.99}N層の上に電極形成用のマスクを形成し、蒸着装置にてp型Ga_{0.99}N層の上にNiを $0.03\mu\text{m}$ と、Niの上にAuを $0.07\mu\text{m}$ の厚さで蒸着する。なお露出したn型Ga_{0.99}N層の上にもAlを蒸着する。

【0012】蒸着後、アニーリング装置で、ウエハーを 500°C で10分間アニーリングすることによりNiとAuとを合金化すると共に、透光性にする。アニーリング後ウエハーを取り出すと、p型Ga_{0.99}N層の電極膜厚は $0.07\mu\text{m}$ であり、透光性となっていた。以上のようにして得られたウエハーを $350\mu\text{m}$ 角のチップに切断し、図2に示すようなカップ形状のリードフレーム上に載置し、発光ダイオードとしたところ、発光出力は20

mAにおいて $80\mu\text{W}$ 、順方向電圧は4Vであった。しかも 2inch φのウエハーからおよそ16000個のチップが得られ、得られたチップを具備する発光ダイオードから接触不良によるものを取り除いたところ、歩留95%以上であった。

【0013】[実施例2]アニーリング温度を 600°C とする他は実施例1と同様にして電極を形成したところ、電極膜厚はほぼ同一で同じく透光性となっていた。後は実施例1と同様にして発光ダイオードとしたところ、発光出力、順方向電圧、歩留ともほぼ同一であった。

【0014】[実施例3]p型Ga_{0.99}N層の上に蒸着する金属をCr_{0.5} μm 、Ni_{0.5} μm とする他は実施例1と同様にして電極を形成したところ、電極膜厚は $0.7\mu\text{m}$ で同じく透光性となっていた。後は実施例1と同様にして発光ダイオードとしたところ、発光出力、順方向電圧、歩留ともほぼ同一であった。

【0015】[実施例4]p型Ga_{0.99}N層の上に蒸着する金属をPt_{0.1} μm 、Ti_{0.1} μm とする他は実施例1と同様にして電極を形成したところ、電極膜厚は $0.07\mu\text{m}$ で同じく透光性となっていた。後は実施例1と同様にして発光ダイオードとしたところ、発光出力、順方向電圧、歩留ともほぼ同一であった。

【0016】[比較例]実施例1のウエハーのサファイア基板側を上にして、図1に示すような形状のリードフレーム上に載置しようとしたところ、チップサイズは最小でも1mm角にしか切断できなかった。次にその1mm角のチップを2つのリードフレームにまたがるように載置し、電極を接続して発光ダイオードとしたところ、20mAにおける発光出力は $40\mu\text{W}$ と、横方向の発光が十分取り出されておらず、また同じく 2inch φのウエハーからチップが2000個しか得られず、得られたチップを具備する発光ダイオードから接触不良によるものを取り除くと、歩留は60%でしかなかった。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p層にオーミック接触が得られる金属よりなる透光性の電極を形成しているため、窒化ガリウム系化合物半導体層側を発光観測面とすることができる。このことにより、発光素子の外部量子効率を低下させることなく、発光を取り出すことができる。しかも前記したように1チップサイズを小さくできるため、生産性が格段に向上し、さらにまたカップ形状のリードフレームを使用することも可能となるため、生産コストを下げ、歩留も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の一構造を示す模式断面図。

【図2】本発明の一実施例による窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す模式断面図。

5

6

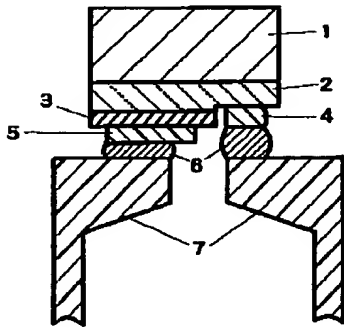
【符号の説明】

- 1 基板
 2 n型窒化ガリウム系化合物半導体層
 3 p型ドーパントドーピング窒化ガリウム系化合物

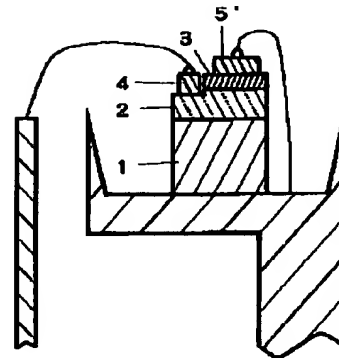
半導体層

- 4 n型電極
 5' 透光性電極

【図1】



【図2】



【手続補正書】

【提出日】平成6年1月28日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型ドーパントがドーピングされた窒化ガリウム系化合物半導体層表面に、金属よりなる透光性の電極が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記透光性電極の膜厚は0.001 μ m～1 μ mの範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記金属はAu、Ni、Pt、In、Cr、Tiより選択された少なくとも一種であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 p型ドーパントがドーピングされた窒化ガリウム系化合物半導体層に金属薄膜を形成した後、アニーリングすることにより、前記金属を透光性にすることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の電極形成方法。

【請求項5】 前記アニーリング温度は500℃以上であることを特徴とする請求項4に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の電極形成方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、p層表面に金属よりなる透光性の電極が形成されていることを特徴とする。またその発光素子の電極の形成方法は、p層表面に金属よりなる薄膜を形成した後、アニーリングすることにより、前記金属薄膜を透光性にすることを特徴とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】本発明の方法において、p層に蒸着する金属には、例えばAu、Ni、Pt、In、Cr、Tiの電極材料を使用することができ、特に好ましいオーミック接触が得られる材料としてCr、Ni、Au、Ti、Ptの内の少なくとも2種類を含む合金を使用することが好ましい。また、金属を蒸着するにあたり、蒸着膜厚は特に問うものではないが、蒸着後500℃以上のアニーリングを行った後、その金属電極の膜厚が0.001 μ m～1 μ mの範囲になるように蒸着することが好ましい。前記アニーリングにより、蒸着された金属はp層内部に拡散すると共に、一部外部に飛散して膜厚が薄くなる。アニーリング後に最終的な電極膜厚を0.001 μ m～1 μ mの範囲に調整することにより、電極を好ましく透光性とすることができる。1 μ m以上で形成しても特に支障はないが、電極が次第に金属色を帯びてくる傾

向にあり透光性が悪くなる。電極膜厚は前記範囲内で薄いほど好ましいが、あまり薄くし過ぎると接触抵抗が大きくなる傾向にあるため、 $0.01\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ の範囲がさらに好ましい膜厚である。また電極となる金属を形成するには、蒸着の他、スパッタ等金属薄膜さえ形成できれば、どのような薄膜形成装置を用いても良いことはいうまでもない。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】アニーリングは 500°C 以上で行うことが好ましい。なぜなら、この温度以下であると、金属電極とp層とのオーミック接触が得られにくく、金属電極も透光性になりにくいからである。温度の上限は特に限定しないが、窒化ガリウム系化合物半導体が分解する温度以下(1200°C 前後)で行うことは当然である。

【手続補正書】

【提出日】平成6年4月20日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】本発明の方法において、p層に蒸着する金属には、例えばAu、Ni、Pt、In、Cr、Tiの電極材料を使用することができ、特に好ましいオーミック接触が得られる材料としてCr、Ni、Au、Ti、Ptの内の少なくとも2種類を含む合金を使用することが好ましく、その中でもNiおよびAuは、Ni層をp層に接触する層とし、その上にAu層を積層すると最も好ましいオーミックが得られる。また、金属を蒸着するにあたり、蒸着膜厚は特に問うものではないが、蒸着後 500°C 以上のアニーリングを行った後、その金属電極の膜厚が $0.001\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の範囲になるように蒸着することが好ましい。前記アニーリングにより、蒸着された金属はp層内部に拡散すると共に、一部外部に飛散して膜厚が薄くなる。アニーリング後に最終的な電極膜厚を $0.001\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の範囲に調整することにより、電極を好ましく透光性とすることができる。 $1\mu\text{m}$ より厚く形成すると、材料によっては、電極が金属色

を帯びてほとんど透光性を示さないものがあるので、透光性を示す電極膜厚の最大限としては $1\mu\text{m}$ 以下が好ましい。電極膜厚は前記範囲内で薄いほど好ましいが、あまり薄くし過ぎると接触抵抗が大きくなる傾向にあるため、 $0.01\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ の範囲がさらに好ましい膜厚である。また電極となる金属を形成するには、蒸着の他、スパッタ等金属薄膜さえ形成できれば、どのような薄膜形成装置を用いても良いことはいうまでもない。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】アニーリングは 500°C 以上で行うことが好ましい。なぜなら、この温度以下であると、金属電極とp層とのオーミック接触が得られにくく、金属電極も透光性になりにくいからである。温度の上限は特に限定しないが、窒化ガリウム系化合物半導体が分解する温度以下(1200°C 前後)で行うことは当然である。なお本発明において、透光性とは必ずしも無色透明を意味するものではなく、窒化ガリウム系化合物半導体層の発光を電極を通して観測可能という意味である。